

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ННГУ
протокол № 6 от 31.05.2023 г.

Рабочая программа дисциплины

Основы теории цепей

Уровень высшего образования
Специалитет

Направление подготовки / специальность
11.05.02 - Специальные радиотехнические системы

Направленность образовательной программы
Радиотехнические системы и комплексы сбора и обработки информации

Форма обучения
очная

г. Нижний Новгород

2023 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.30 Основы теории цепей относится к обязательной части образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ОПК-7: Способен применять методы анализа и расчета характеристик радиотехнических цепей, аналоговых и цифровых узлов современной электроники	ОПК-7.1: Понимает основные методы анализа и расчета характеристик радиотехнических цепей, аналоговых и цифровых узлов ОПК-7.2: Использует основные методы анализа и расчета характеристик радиотехнических цепей, аналоговых и цифровых узлов	ОПК-7.1: Умеет находить спектры сигналов. Умеет составлять дифференциальные уравнения, описывающие работу цепей. Умеет находить коэффициент передачи электрических цепей. ОПК-7.2: Применяет преобразование Лапласа для нахождения выходного сигнала электрических цепей. Применяет спектральный метод для нахождения выходного сигнала электрических цепей. Применяет интеграл Дюамеля для нахождения выходного сигнала электрических цепей.	Аудиторная контрольная работа	Экзамен: Контрольные вопросы

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	5
Часов по учебному плану	180
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32

- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	2
самостоятельная работа	69
Промежуточная аттестация	45 Экзамен

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/ лабора- торные работы), часы	Всего	
	Ф О	Ф О	Ф О	Ф О	Ф О
Векторное представление сообщений и сигналов	9	2	2	4	5
Гармонический анализ периодических сигналов	9	2	2	4	5
Преобразование Фурье и его свойства. Спектральный анализ непериодических сигналов	9	2	2	4	5
Виды модуляции, модулированные радиосигналы и их спектры	9	2	2	4	5
Энергетический спектр и автокорреляционная функция импульсных сигналов	9	2	2	4	5
Спектр дискретизированного сигнала, теорема отсчетов Котельникова	9	2	2	4	5
Информационная база сигнала	9	2	2	4	5
Линейные электрические цепи с сосредоточенными параметрами	9	2	2	4	5
Законы Кирхгофа для линейных электрических цепей	8	2	2	4	4
Описание линейных электрических цепей системой обыкновенных дифференциальных уравнений	8	2	2	4	4
Операторный метод анализа линейных электрических цепей	8	2	2	4	4
Коэффициент передачи в частотной области линейных электрических цепей. АЧХ, ФЧХ.	8	2	2	4	4
Спектральный метод анализа линейных электрических цепей с сосредоточенными параметрами	8	2	2	4	4
Импульсная характеристика линейных электрических цепей	7	2	2	4	3
Интеграл Дюамеля	7	2	2	4	3
Последовательный и параллельный колебательный контур	7	2	2	4	3
Аттестация	45				
КСР	2				2
Итого	180	32	32	66	69

Содержание разделов и тем дисциплины

1. Векторное представление сообщений и сигналов. Метрика, базис, норма, скалярное произведение для векторного пространства сигналов. Разложение непрерывных сигналов по заданному ортогональному базису
2. Гармонический анализ периодических сигналов (ряд Фурье). Тригонометрический базис, физический смысл коэффициентов ряда.
3. Спектральный анализ непериодических сигналов: преобразование Фурье и его свойства. Физический смысл спектральной плотности. Спектры важнейших сигналов: прямоугольный импульс, косинус, дельта-функция, постоянная составляющая.
4. Разложение в ряд Фурье периодической последовательности импульсов
5. Понятие модуляции. Амплитудная модуляция: представление амплитудно-модулированных сигналов во временной области (формула и график) и в частотной области (формула и график). Спектр сигнала с тональной модуляцией: что такое тональная модуляция, написать формулу, нарисовать спектр. Понятие несущей, огибающей. Что такое узкополосный сигнал.
6. Спектр АМ-сигнала с произвольной огибающей: уметь рисовать и доказывать вид спектра. Балансная и однополосная модуляция: представление сигналов во временной и частотной областях.
7. Угловая модуляция. ЧМ- и ФМ-сигналы во временной области (формулы, графики). Спектр сигналов с угловой тональной модуляцией (вывести, нарисовать). Отличие спектров ЧМ- и ФМ- сигналов
8. Энергетический спектр и автокорреляционная функция импульсных сигналов. Пример нахождения автокорреляционной функции
9. Понятие непрерывного сигнала, дискретизированного сигнала. Спектр дискретизированного сигнала (обосновать, нарисовать), теорема отсчетов (Котельникова). Базис Котельникова, представление сигнала с ограниченным спектром равноотстоящими отсчетами
10. Понятие базы сигнала. Что это такое и для чего нужно? Как определяют эффективную длительность и ширину спектра сигналов. База прямоугольного видеоимпульса, база прямоугольного радиоимпульса (с выводом). Зачем такие сигналы нужны? Привести пример сигнала с большой базой. Доказать расчётом, что база этого сигнала больше единицы.
11. Линейные электрические цепи с сосредоточенными параметрами. (В том числе, что значит, что элемент линейный и чем он отличается от нелинейного). Какие формулы связывают напряжение и ток на резисторах, конденсаторах и катушках индуктивности.
12. Эквивалентность источников тока и источников э.д.с. Схемы замещения комбинаций пассивных элементов. Теорема компенсации (эквивалентность ветви цепи источнику тока или э.д.с.). Привести примеры
13. Правила Кирхгофа для линейных электрических цепей (обосновать). Привести пример записи системы уравнений для любой цепи, содержащей не менее двух контуров и не менее двух источников ЭДС.
14. Описание линейных электрических цепей с сосредоточенными параметрами системой обыкновенных дифференциальных уравнений (д.у.). Как получаются д.у. при решении задачи о прохождении сигнала через линейную цепь. Привести пример построения д.у. для какой-либо задачи, содержащей источник сигнала и не менее двух линейных элементов, обязательно включая конденсатор или катушку. Решив уравнение, найти выходной сигнал при входном сигнале в виде функции включения.
15. Преобразование Лапласа и его свойства. Эквивалентные схемы линейных электрических цепей с сосредоточенными параметрами в области комплексных частот (переменных Лапласа), с примером. Операторный метод анализа линейных электрических цепей с сосредоточенными параметрами, с примером решения задачи
16. Коэффициент передачи в частотной области линейных электрических цепей с сосредоточенными параметрами: определение и физический смысл. Определения и свойства АЧХ и ФЧХ для физически реализуемых цепей. Пример нахождения АЧХ и ФЧХ любой цепи, содержащей не менее двух линейных элементов, обязательно включая конденсатор или катушку.
17. Спектральный (частотный) метод анализа линейных электрических цепей с сосредоточенными

параметрами

18. Импульсная характеристика линейных электрических цепей с сосредоточенными параметрами: определение и свойства импульсной характеристики для физически реализуемых цепей.

19. Метод интеграла Дюамеля (интеграла наложения) для анализа линейных электрических цепей с сосредоточенными параметрами (с выводом формул и с примером решения задачи)

20. Последовательный колебательный контур и его свойства. Объяснение процессов, происходящих в контуре на резонансной частоте. Вывод выражений для импеданса контура, резонансной частоты, добротности.

21. Параллельный колебательный контур и его свойства. Объяснение процессов, происходящих в контуре на резонансной частоте. Вывод выражений для импеданса контура, резонансной частоты, добротности.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

1. Орлов И.Я. Курс лекций по основам радиоэлектроники. – Н. Новгород: ННГУ, 2005.

2. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. – М.: Ленанд, 2016.

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Аудиторная контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ОПК-7:

1. Найти спектр прямоугольного видеоимпульса

2. Найти коэффициент передачи RC-цепочки

3. Найти выходной сигнал RL-цепочки, если на её вход подана функция включения (Хевисайда)

Критерии оценивания (оценочное средство - Аудиторная контрольная работа)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно».
не зачтено	Часть компетенций, на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне ниже, чем «удовлетворительно».

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка	Уровень подготовки
--------	--------------------

зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-7

1. Векторное представление сообщений и сигналов. Метрика, базис, норма, скалярное произведение для векторного пространства сигналов. Разложение непрерывных сигналов по заданному ортогональному базису
2. Гармонический анализ периодических сигналов (ряд Фурье). Тригонометрический базис, физический смысл коэффициентов ряда. С примером решения задачи (сигнал на усмотрение отвечающего).
3. Спектральный анализ непериодических сигналов: преобразование Фурье и его свойства. Физический смысл спектральной плотности. Спектры важнейших сигналов: прямоугольный импульс, косинус, дельта-функция, постоянная составляющая. С примером решения задачи (сигнал на усмотрение отвечающего)
4. Разложение в ряд Фурье периодической последовательности импульсов (Какова связь спектра последовательности импульсов со спектром одного импульса? Обосновать. Привести пример)
5. Понятие модуляции. По какой причине для передачи информации используется модуляция? Амплитудная модуляция: представление амплитудно-модулированных сигналов во временной области (формула и

график) и в частотной области (формула и график). Спектр сигнала с тональной модуляцией: что такое тональная модуляция, написать формулу, нарисовать спектр. Понятие несущей, огибающей. Что такое узкополосный сигнал?

6. Спектр АМ-сигнала с произвольной огибающей: уметь рисовать и доказывать вид спектра. Балансная и однополосная модуляция: представление сигналов во временной и частотной областях.
7. Угловая модуляция. ЧМ- и ФМ-сигналы во временной области (формулы, графики). Спектр сигналов с угловой тональной модуляцией (вывести, нарисовать). Отличие спектров ЧМ- и ФМ- сигналов
8. Энергетический спектр и автокорреляционная функция импульсных сигналов. Каков физический смысл этих понятий? Каковы их свойства? Пример нахождения автокорреляционной функции
9. Понятие непрерывного сигнала, дискретизированного сигнала. Что такое дискретизация, отсчёт, частота дискретизации? Спектр дискретизированного сигнала (обосновать, нарисовать), теорема отсчётов (Котельникова). Базис Котельникова, представление сигнала с ограниченным спектром равноотстоящими отсчетами
10. Понятие базы сигнала. Что это такое и для чего нужно? Как определяют эффективную длительность и ширину спектра сигналов. База прямоугольного видеоимпульса, база прямоугольного радиоимпульса (с выводом). У каких сигналов база много больше единицы? Зачем такие сигналы нужны? Привести пример сигнала с большой базой. Доказать расчётом, что база этого сигнала больше единицы.
11. Что такое линейные электрические цепи с сосредоточенными параметрами? (В том числе, что значит, что элемент линейный и чем он отличается от нелинейного). Какими параметрами характеризуются источник ЭДС и источник тока? Какие формулы связывают напряжение и ток на резисторах, конденсаторах и катушках индуктивности?
12. Эквивалентность источников тока и источников э.д.с. Схемы замещения комбинаций пассивных элементов. Теорема компенсации (эквивалентность ветви цепи источнику тока или э.д.с.). Привести примеры
13. Правила Кирхгофа для линейных электрических цепей (обосновать). Как определить, сколько уравнений нужно взять для конкретной цепи? Привести пример записи системы уравнений для любой цепи, содержащей не менее двух контуров и не менее двух источников ЭДС.
14. Описание линейных электрических цепей с сосредоточенными параметрами системой обыкновенных дифференциальных уравнений (д.у.). Как получаются д.у. при решении задачи о прохождении сигнала через

линейную цепь? Привести пример построения д.у. для какой-либо задачи, содержащей источник сигнала и не менее двух линейных элементов, обязательно включая конденсатор или катушку. Решив уравнение, найти выходной сигнал при входном сигнале в виде функции включения.

15. Преобразование Лапласа и его свойства. Эквивалентные схемы линейных электрических цепей с сосредоточенными параметрами в области комплексных частот (переменных Лапласа), с примером. Операторный метод анализа линейных электрических цепей с сосредоточенными параметрами, с примером решения задачи
16. Коэффициент передачи в частотной области линейных электрических цепей с сосредоточенными параметрами: определение и физический смысл. Определения и свойства АЧХ и ФЧХ для физически реализуемых цепей. Пример нахождения АЧХ и ФЧХ любой цепи, содержащей не менее двух линейных элементов, обязательно включая конденсатор или катушку.
17. Спектральный (частотный) метод анализа линейных электрических цепей с сосредоточенными параметрами (с примером решения задачи)
18. Импульсная характеристика линейных электрических цепей с сосредоточенными параметрами: определение и свойства импульсной характеристики для физически реализуемых цепей. (В частности, дать определение дельта-функции и нарисовать её спектр, если такое понятие используется в ответе.) Обосновать связь импульсной характеристики и коэффициента передачи линейной цепи. Привести пример нахождения импульсной характеристики любой цепи, содержащей не менее двух линейных элементов, обязательно включая конденсатор или катушку.
19. Метод интеграла Дюамеля (интеграла наложения) для анализа линейных электрических цепей с сосредоточенными параметрами (с выводом формул и с примером решения задачи)
20. Последовательный колебательный контур и его свойства. Объяснение процессов, происходящих в контуре на резонансной частоте. В чём состоит резонанс? Вывод выражений для импеданса контура, резонансной частоты, добротности.
21. Параллельный колебательный контур и его свойства. Объяснение процессов, происходящих в контуре на резонансной частоте. В чём состоит резонанс? Вывод выражений для импеданса контура, резонансной частоты, добротности.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Ставится, если студент после подготовки с использованием конспектов

Оценка	Критерии оценивания
	лекций даёт исчерпывающий ответ на два контрольных вопроса, а также на дополнительно задаваемый экзаменатором вопрос из списка контрольных вопросов.
отлично	Ставится, если студент после подготовки с использованием конспектов лекций даёт исчерпывающий ответ на два контрольных вопроса.
очень хорошо	Ставится, если студент после подготовки с использованием конспектов лекций даёт ответ на два контрольных вопроса с рядом заметных ошибок.
хорошо	Ставится, если студент после подготовки с использованием конспектов лекций даёт ответ на два контрольных вопроса не более, чем с двумя значительными ошибками.
удовлетворительно	Ставится, если студент после подготовки с использованием конспектов лекций даёт исчерпывающий ответ на два контрольных вопроса с 3-4 значительными ошибками в каждом.
неудовлетворительно	Ставится, если есть слабые знания по некоторым вопросам, а знания по всем остальным вопросам отсутствуют.
плохо	Ставится, если отсутствуют знания по всем вопросам.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Орлов Игорь Яковлевич. Курс лекций по основам радиоэлектроники : учеб. пособие / Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского. - Н. Новгород : Изд-во ННГУ, 2005. - 168 с. : ил. - ISBN 5-85746-780-2 : 60.00., 124 экз.
2. Баскаков Святослав Иванович. Радиотехнические цепи и сигналы : учеб. для студентов вузов. - 4-е изд., перераб. и доп. - М. : Высшая школа, 2003. - 462 с. : ил. - ISBN 5-06-003843-2 : 94.05., 2 экз.
3. Методическое пособие по решению задач теории линейных электрических цепей : учеб. пособие для студентов ННГУ, обучающихся по направлениям подгот. 03.03.03 "Радиофизика", 02.03.03 "Фундам. информатика и информ. технологии" и специальностям 11.05.02 "Спец. радиотехн. системы", 10.05.02 "Информ. безопасность телекоммуникац. систем" / [авт.: В. А. Односеццев, И. Я. Орлов, В. В. Пархачев и др.] ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2021. - 78 с. - ISBN 978-5-91326-694-1 : 49.19., 2 экз.

Дополнительная литература:

1. Гоноровский Иосиф Семенович. Радиотехнические цепи и сигналы : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки "Радиотехника". - Изд. 5-е, испр. - М. :

Дрофа, 2006. - 719, [1] с. : ил. - (Классики отечественной науки) (Высшее образование). - ISBN 5-7107-7985-7 : 202.30., 3 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

<https://www.youtube.com/playlist?list=PL7WDm-fF8ImrUfi6uTYcu2qe9bV8tROTr>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, специализированным оборудованием: Учебно-лабораторный интерактивный комплекс «Специальные радиотехнические системы» для проведения занятий для студентов с использованием современного оборудования по теоретическим основам специальных радиотехнических систем, предусмотренных программой, оснащенное высокотехнологичным оборудованием: 4 базовых модуля лабораторного комплекса «Устройства генерирования и формирования сигналов» для проведения лабораторно-практических занятий по изучению радиопередающих устройств, устройств генерирования и формированию сигналов; сменный блок «Автогенераторы» для выполнения лабораторно-исследовательских работ по изучению принципов генерации в составе комплекса по изучению теоретических основ специальных радиотехнических систем или в составе базовых модулей лабораторного комплекса «Устройства генерирования и формирования сигналов»; офисное и мультимедийное оборудование, включая оборудование для представления презентаций и организации видеоконференцсвязи, специализированная мебель.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки/специальности 11.05.02 - Специальные радиотехнические системы.

Автор(ы): Пархачев Владимир Владимирович, кандидат физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Фитасов Евгений Сергеевич, доктор технических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 25 мая 2023 г., протокол № 04/23.